

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-302906

(43)公開日 平成6年(1994)10月28日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数18 OL (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平5-84738

(22)出願日 平成5年(1993)4月12日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 永井 豊

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社光・マイクロ波デバイス研究所内

(72)発明者 島 顕洋

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社光・マイクロ波デバイス研究所内

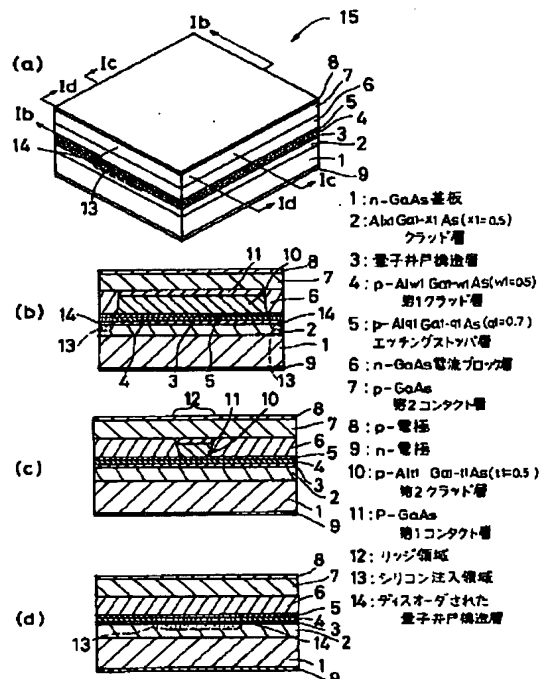
(74)代理人 弁理士 早瀬 憲一

(54)【発明の名称】 半導体レーザ及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 窓構造を有しており、かつ、無効電流の発生をを防ぐことにより低しきい値、低動作電流での動作が可能な半導体レーザ及びその製造方法を提供することを目的とする。

【構成】 基板1上に配置された第1導電型の下クラッド層2と、該下クラッド層2上に配置された量子井戸構造層3と、該量子井戸構造層3上に配置された第2導電形の上クラッド層4と、該クラッド層4上に配置された半導体レーザの共振器長方向に伸びる、共振器端面に達しない長さのリッジ12と、レーザ共振器端面近傍の量子井戸構造層3に不純物の導入により形成された無秩序化領域14と、リッジ12を埋め込むように、上記上クラッド層4上に配置された第1導電形の電流ブロック層6とを備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電形の半導体基板上に配置された第1導電形の下クラッド層と、

該下クラッド層上に配置された、バリア層及びウェル層が交互に積層されてなる量子井戸構造層と、

該量子井戸構造層上に配置された第2導電形の上クラッド層と、

該上クラッド層上に配置された、半導体レーザの共振器長方向に伸びる、レーザ共振器端面に達しない長さのストライプ状の第2導電形の半導体からなるリッジと、  
レーザ共振器端面近傍の上記量子井戸構造層に、不純物の導入により形成された無秩序化領域と、

上記リッジ周囲の上記上クラッド層上に該リッジを埋め込むように配置された第1導電形の電流ブロック層と、  
上記電流ブロック層と上記リッジ上部に配置された第2導電形のコンタクト層とを備えたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1記載の半導体レーザにおいて、  
上記量子井戸構造層の上記リッジの下部を除く全ての領域が、上記不純物の導入により無秩序化されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】 請求項1又は請求項2記載の半導体レーザにおいて、  
上記電流ブロック層は、その禁制帯幅が上記量子井戸構造層の実効的な禁制帯幅よりも大きく、かつその屈折率が上記リッジを構成する半導体の屈折率よりも小さい材料からなるものであることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】  $n$ 形  $GaAs$  半導体基板上に配置された  $n$ 形  $Al_xGa_{1-x}As$  下クラッド層と、

該下クラッド層上に配置された、 $Al_yGa_{1-y}As$  バリア層及び  $Al_zGa_{1-z}As$  ( $y > z \geq 0$ ) ウェル層が交互に積層されてなり、その実効的な禁制帯幅が上記下クラッド層より上記下クラッド層よりも小さい量子井戸構造層と、

該量子井戸構造層上に配置され、上記量子井戸構造の実効的な禁制帯幅よりも大きい禁制帯幅を有する、 $p$ 形  $Al_wGa_{1-w}As$  上クラッド層と、

該上クラッド層上に配置された、半導体レーザの共振器長方向に伸びる、レーザ共振器端面に達しない長さのストライプ状の  $p$ 形  $Al_tGa_{1-t}As$  層により構成されたリッジと、

半導体レーザの共振器端面近傍の上記量子井戸構造層に不純物の導入により形成された無秩序化領域と上記リッジ周囲の上記上クラッド層上に該リッジを埋め込むように配置された  $n$ 形  $Al_rGa_{1-r}As$  ( $r \geq 0$ ) 電流ブロック層と、

上記電流ブロック層と上記リッジ上部に配置された  $p$ 形  $GaAs$  コンタクト層とを備えたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項5】 請求項4記載の半導体レーザにおいて、

上記量子井戸構造層の上記リッジの下部を除く全ての領域が、上記イオン注入により無秩序化されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項6】 請求項4又は請求項5記載の半導体レーザにおいて、

上記電流ブロック層は、 $n$ 形  $Al_rGa_{1-r}As$  ( $r > t$ ) 層より構成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項7】 請求項4ないし請求項6のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、

上記不純物は、シリコン又は亜鉛であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項8】 第1導電形の半導体基板上に、第1導電形の下クラッド層と、バリア層及びウェル層が交互に積層されている量子井戸構造層と、第2導電形の第1の上クラッド層と、第2導電形の第2の上クラッド層を順次エピタキシャル成長させる工程と、

上記第2の上クラッド層を、該第2クラッド層上に形成した絶縁膜パターンをマスクとしてエッチングすることにより、半導体レーザの共振器長方向に伸びる、レーザ共振器端面に達しない長さのストライプ状のリッジ形状に成形する工程と、

レーザの共振器端面近傍の領域の上記量子井戸構造層に対し、上記第1の上クラッド層上部から、該第1の上クラッド層の導電形を反転させない濃度で不純物のイオン注入を行ない、イオン注入を行った領域の量子井戸構造を無秩序化する工程と、

その後、上記リッジ周囲の上記上クラッド層上に、該リッジを埋め込むように第1導電形の電流ブロック層を結晶成長させ、上記絶縁膜を除去した後、上記リッジ及び電流ブロック層上に第2導電形のコンタクト層を結晶成長させる工程を含むことを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項9】 請求項8記載の半導体レーザの製造方法において、

上記第2導電形の第1の上クラッド層と、第2導電形の第2の上クラッド層の間に、第2導電型のエッチングストップ層を、エピタキシャル成長する工程を更に含み、上記リッジを形成する工程は、上記絶縁膜をマスクとして、上記第2の上クラッド層を上記エッチングストップ層まで選択的にエッチングすることにより行なうものであることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項10】 請求項8又は請求項9記載の半導体レーザの製造方法において、

上記イオン注入は、上記リッジ上の絶縁膜をマスクとして、上記リッジの下部以外の全ての領域の上記量子井戸構造層に行なうものであることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項11】 請求項8ないし請求項10のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法において、

上記不純物は、シリコン又はZnであることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項12】 n形GaAs半導体基板上に、n形Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As下クラッド層と、Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>Asバリア層及びAl<sub>z</sub>Ga<sub>1-z</sub>As ( $y > z \geq 0$ ) ウェル層が交互に積層されている量子井戸構造層と、該量子井戸構造層の実効的な禁制帯幅よりも大きい禁制帯幅を有するp形Al<sub>w</sub>Ga<sub>1-w</sub>As第1の上クラッド層と、p形Al<sub>t</sub>Ga<sub>1-t</sub>As第2上クラッド層とを順次エピタキシャル成長させる工程と、  
上記第2上クラッド層を、該第2のクラッド層上に形成した絶縁膜パターンをマスクとして所定の深さまでエッチングすることにより、半導体レーザの共振器長方向に伸びる、半導体レーザの共振器端面に達しない長さのストライプ状のリッジを形成する工程と、  
レーザ共振器端面近傍の領域の上記量子井戸構造層に対し、上記第1の上クラッド層上部から該第1の上クラッド層を反転させない濃度で不純物のイオン注入を行ない、イオン注入を行った領域の量子井戸構造を無秩序化する工程と、  
その後、上記リッジ周囲の上記第1上クラッド層上に、該リッジを埋め込むようにn形Al<sub>r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As ( $r \geq 0$ ) 電流ブロック層を結晶成長させ、上記絶縁膜を除去した後、上記リッジ及び電流ブロック層上にp形GaAsコンタクト層を結晶成長させる工程を備えたことを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項13】 請求項12記載の半導体レーザの製造方法において、  
上記p形Al<sub>w</sub>Ga<sub>1-w</sub>As第1上クラッド層と、p形Al<sub>t</sub>Ga<sub>1-t</sub>As第2上クラッド層の間に、p形Al<sub>q</sub>Ga<sub>1-q</sub>As ( $q > t$ ) エッチングストップ層をエピタキシャル成長する工程を更に含み、  
上記リッジを形成する工程は、上記絶縁膜パターンをマスクとして、上記第2の上クラッド層を上記エッチングストップ層まで選択的にエッチングすることにより行なうものであることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項14】 請求項13記載の半導体レーザの製造方法において、  
上記第2の上クラッド層のエッチングは、酒石酸と過酸化水素の混合液によって行なうものであることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項15】 請求項12ないし請求項14のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法において、  
上記イオン注入は、上記リッジ上の絶縁膜パターンをマスクとして、上記リッジの下部以外の全ての領域の上記量子井戸構造層に行なうものであることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項16】 請求項12ないし請求項15のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法において、

上記電流ブロック層の形成は、n形Al<sub>r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As ( $r > t$ ) 層を選択成長させることにより行なうものであることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項17】 請求項12ないし請求項16のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法において、  
上記イオン注入は、シリコン又は亜鉛を不純物として行なうものであることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項18】 請求項12ないし請求項17のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法において、  
上記絶縁膜としてSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>又はSiO<sub>2</sub>を用いることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は半導体レーザ及びその製造方法に関し、特に端面部分に窓構造を有する高光出力動作が可能な半導体レーザ及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図7は従来の窓構造を有する半導体レーザの構造を示す図であり、図7(a)は半導体レーザ素子全体を示す斜視図であり、図7(b)は図7(a)のVII b部における断面図、図8(c)は図8(a)のVII c部における断面図、図8(d)は図8(a)のVII d部における断面図である。図において、100は共振器長方向の長さが300～600μmで、共振器幅方向の幅が約300μmの半導体レーザ素子、101はn-GaAs半導体基板、102は厚さ1.5～2μmのアルミ組成比が0.5であるn-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As下クラッド層、103はアルミ組成比が0.05であるAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>Asのウェル層（図示せず）とアルミ組成比が0.3～0.35であるAl<sub>z</sub>Ga<sub>1-z</sub>Asのバリア層（図示せず）から構成されている3層構造の量子井戸構造層で、両端に厚さ0.2～0.3μmのバリア層を有し、その間に厚さ約80オングストロームのウェル層と厚さ50～80オングストロームのバリア層が交互に3層積層されて構成されている。104は厚さ0.2～0.3μmのアルミ組成比が0.5であるp-Al<sub>w</sub>Ga<sub>1-w</sub>As第1上クラッド層、105は厚さ約200オングストロームでアルミ組成比が0.7であるp-Al<sub>q</sub>Ga<sub>1-q</sub>Asエッチングストップ層、106は厚さが1.5～2μmであるn-GaAs電流ブロック層、107は厚さ2～3μmのp-GaAs第2コンタクト層、108はp-電極、109はn-電極、110は厚さ0.8～1.3μmでアルミ濃度が0.5であるp-Al<sub>t</sub>Ga<sub>1-t</sub>As第2上クラッド層、111は厚さ約0.7μmのp-GaAs第1コンタクト層、112はリッジ領域で、n-電極109側の共振器幅方向の幅が約8μm、p-電極108側の共振器幅方向の幅が約4μmとなるような台形状に形成されている。114はZnによりディ

スオーダされた量子井戸構造層の領域で、共振器幅方向の幅は約 $50\mu\text{m}$ である。また、113はZnが拡散された領域である。

【0003】図8は従来の窓構造を有する半導体レーザの製造方法を示す工程図であり、図において、図7と同一符号は、同一又は相当する部分を示し、121は第1のレジスト、120はリッジ形成のための第2のレジスト、125はZn拡散である。

【0004】次に製造方法について説明する。まず、図8(a)に示すように、半導体基板101表面にクラッド層102、量子井戸構造層103、第1クラッド層104、エッチングストップ層105、第2クラッド層110、第1コンタクト層111をエピタキシャル成長法により形成する。次に、第1のレジスト121を第1のコンタクト層111上に設けた後に、この第1のレジスト121をパターンニングしレーザ共振器反面近傍に開口部を設け、これをマスクとして半導体レーザの端面となる領域にZn拡散125を行う(図8(b))。この時、拡散濃度は $1\times 10^{19}\sim 1\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ とする。さらに、量子井戸構造層をディスオーダするために、ウエハにアニールを行う。なお、アニールを行う代わりに、この工程以後の結晶成長時の熱によってディスオーダしてもよい。次に図8(c)に示すように、第1のレジスト121を除去した後、第2のレジスト120をマスクとして第2クラッド層110をストライプ状に、エッチングストップ層105までエッチングを行い、リッジ112を形成する。更に、図8(d)に示すように、リッジ112を埋め込むようにリッジ112周囲に電流ブロック層106を選択成長させ、第2のレジスト120を除去した後、リッジ112及び電流ブロック層106上に第2のコンタクト層107及び電極108を形成し、半導体基板101の裏面側に電極109を形成して、図7(a)に示す半導体レーザ100を得る。

【0005】次に動作について説明する。図7(a)に示す半導体レーザ素子100のp-電極108側に+、n-電極109側に-となるように電圧を印加すると、電子はp-GaAs第2コンタクト層107から、p-GaAs第1コンタクト層111、p-Al<sub>t</sub>2Ga<sub>1-t</sub>As( $t=0.5$ )第2クラッド層110、p-Al<sub>w</sub>2Ga<sub>1-w</sub>As( $w=0.5$ )第1クラッド層104を経て量子井戸構造層103へ、また、電子はn-GaAs半導体基板101、n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As( $x=0.5$ )クラッド層102を経て量子井戸構造層103にそれぞれ注入され、電子とホールの再結合が発生し、量子井戸構造層103内で誘導放光が生ずる。そしてキャリアの注入量を十分高くして導波路の損失を越える光が発生すればレーザ発振が生じる。

【0006】次にリッジ構造について説明する。図7(a)に示すリッジ構造を有する半導体レーザ100において、ストライプ状のリッジ112部分以外のn-Ga

As電流ブロック層106に覆われている領域では、p-AlGaAs第1クラッド層104とp-GaAs第2コンタクト層107との間でそれぞれpn接合が形成されており、p-電極108側が+になるよう電圧を印加しても、リッジ領域12以外ではpn接合が形成されており、逆バイアスとなるため電流は流れない。つまりn-GaAs電流ブロック層106は文字通り電流をブロックする機能を果たす。よって電流はリッジ領域112のみを流れるため、リッジに近接する量子井戸構造層103領域のみに電流は集中し、レーザ発振するのに十分な電流密度に達する。またn-GaAs電流ブロック層106は量子井戸構造層103で発したレーザ光を吸収する性質がある。これはGaAsのバンドギャップエネルギーが量子井戸構造層103の量子化効果に基づく実効的なバンドギャップエネルギーより小さくなるよう設計されているからである。このため、リッジ領域112の両脇ではレーザ光は強い吸収を受けるため、リッジ領域112の近傍のみにレーザ光も集中する。この結果、半導体レーザの動作特性の中で重要な水平横モードも安定に単峰の形状となるレーザ光が得られる。

【0007】次に窓構造について説明する。一般にコンパクトディスク(CD)等の光ディスク装置の光源として用いられる $0.8\mu\text{m}$ 帯の波長のレーザ光を発するAlGaAs系の半導体レーザの最大光出力は、レーザ共振器端面破壊が発生する光出力で決定される。即ち、端面破壊は端面領域の表面準位のレーザ光の吸収によって発生した熱で、半導体レーザの活性層を構成する結晶自体が溶融するために発生するものであり、この端面破壊が発生すると共振器の機能を果たさなくなるからである。よって高光出力動作を実現するためには、より高い光出力でも端面破壊が生じない工夫が必要である。このためには端面領域でレーザ光を吸収しにくくする構造、つまりレーザ光に対して“透明”となるような窓構造が非常に有効である。この窓構造は、端面近傍の領域のバンドギャップエネルギーがレーザ光を発する活性層のバンドギャップエネルギーよりも高くなるようにして形成される。図7(a)に示す半導体レーザ100の構造では、量子井戸構造層103が活性層となっているので、この半導体レーザの窓構造は、図8の製造方法に示すように、Zn拡散125による量子井戸構造103のディスオーダを利用して形成される。

【0008】図9(a)は亜鉛拡散125によりディスオーダする前の量子井戸構造層103のアルミ組成比のプロファイルを、(b)はZn拡散によりディスオーダした後の量子井戸構造層114のアルミ組成比のプロファイルをそれぞれ示す。図において、19a、19bはAl<sub>z</sub>Ga<sub>1-z</sub>As( $0.35\geq z\geq 0.3$ )のバリア層、18はAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As( $y=0.05$ )のウエル層、A11はバリア層19a、19bのアルミ組成比、A12はウエル層18のアルミ組成比、A13はディス

オーダ後の量子井戸構造層114のアルミ組成比を示す。

【0009】図に示すように、量子井戸構造103にZnやシリコンのような不純物を拡散させると、ウェル層18とバリア層19a, 19bを構成する原子が混じり合う。この結果、ウェル層18はバリア層19bに比べて層厚が薄いので、拡散後の量子井戸構造層114のAl組成比A13は拡散前のバリア層19a, 19bのAl組成比A11とほぼ等しい値となり、量子井戸構造層3の実効的なバンドギャップエネルギーはバリア層19a, 19bのバンドギャップエネルギーとほぼ等しい値になる。よってZnによりディスオーダーされた量子井戸構造層114のバンドギャップエネルギーは、ディスオーダーされていない量子井戸構造層3の実効的なバンドギャップエネルギーより大きくなるため、レーザ光に対して“透明”な窓構造となる。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来の窓構造を有するリッジ構造の半導体レーザは以上のように構成されており、レーザ共振器端面破壊を防止するのは非常に有効であるが、以下のような問題点があった。すなわち、レーザ共振器端面近傍のZnを拡散させた領域では、不純物濃度が高くなるため抵抗が小さくなり、電極から注入された電流はこの領域を流れて流れ易くなるが、このZnを拡散した領域にはレーザ光を発する量子井戸構造層は存在しないので、この領域に流れる電流は全くレーザ発振に寄与しない無効電流となる。この結果、従来の窓構造を有する半導体レーザでは、上記のように無効電流が流れ易いため、しきい値電流や動作電流が極めて高くなるという問題点があった。

【0011】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、窓構造を有しており、かつ、無効電流の発生を防ぐことができる半導体レーザ及びその製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】この発明に係る半導体レーザは、基板上に配置された第1導電型の下クラッド層と、該下クラッド層上に配置された量子井戸構造層と、該量子井戸構造層上に配置された第2導電形の上クラッド層と、該上クラッド層上に配置された半導体レーザの共振器長方向に伸びる、レーザ共振器端面に達しない長さのストライプ状の第2導電形の半導体からなるリッジと、レーザ共振器端面近傍の上記量子井戸構造層に、不純物の導入により形成された無秩序化領域と、上記リッジ周囲の上記上クラッド層上に、該リッジを埋め込むように配置された第1導電形の電流ブロック層とを備えたものである。

【0013】また、この発明に係る半導体レーザは、基板上に配置された第1導電型の下クラッド層と、該下クラッド層上に配置された量子井戸構造層と、該量子井戸

構造層上に配置された第2導電形の上クラッド層と、該上クラッド層上に配置された半導体レーザの共振器長方向に伸びる、レーザ共振器端面に達しない長さのストライプ状の第2導電形の半導体からなるリッジと、レーザ共振器端面近傍の上記量子井戸構造層に、不純物の導入により形成された無秩序化領域と、上記リッジ周囲の上記上クラッド層上に、該リッジを埋め込むように配置された、禁制帯幅が上記量子井戸構造層の実効的な禁制帯幅よりも大きく、屈折率が上記リッジを構成する半導体の屈折率よりも小さい第1導電形の電流ブロック層とを備えたものである。

【0014】また、この発明に係る半導体レーザの製造方法は、基板上に第1導電型下クラッド層、量子井戸構造層、第2導電型の第1の上クラッド層、第2導電形の第2の上クラッド層を形成し、該第2の上クラッド層を、該第2の上クラッド層上に形成した絶縁膜パターンをマスクとしてエッチングすることにより、レーザ共振器端面に達しない長さのストライプ状のリッジを形成し、レーザ共振器端面近傍領域の上記量子井戸構造層に対し、上記第1の上クラッド層上部から、該第1の上クラッド層の導電形を反転させない濃度で不純物のイオン注入を行い、イオン注入を行った領域の量子井戸構造を無秩序化し、その後、上記リッジを埋め込むように、上記第1の上クラッド層上に第1導電型の電流ブロック層を結晶成長させるようにしたものである。

【0015】また、この発明に係る半導体レーザの製造方法は、基板上に第1導電型下クラッド層、量子井戸構造層、第2導電型の第1の上クラッド層、第2導電形の第2の上クラッド層を形成し、該第2の上クラッド層を、該第2の上クラッド層上に形成した絶縁膜パターンをマスクとしてエッチングすることにより、レーザ共振器端面に達しない長さのストライプ状のリッジを形成し、上記リッジ上の絶縁膜パターンをマスクとして、上記リッジの下部以外の領域の上記量子井戸構造層に対し、上記第1の上クラッド層上部から、該第1の上クラッド層の導電形を反転させない濃度で不純物のイオン注入を行い、イオン注入を行った領域の量子井戸構造を無秩序化し、その後、上記リッジを埋め込むように、上記第1の上クラッド層上に第1導電型の電流ブロック層を結晶成長させるようにしたものである。

#### 【0016】

【作用】この発明においては、レーザ共振器端面近傍の量子井戸構造層は、不純物のイオン注入によりディスオーダーされた窓構造を有し、かつ、このディスオーダーされた量子井戸構造層上に配置された第1上クラッド層上には、第1導電形の電流ブロック層が配置されているため、上記窓構造が形成された領域には該電流ブロック層と上記基板の間で、第1導電形、第2導電形、第1導電形となる接合が形成され、上記窓構造における無効電流の発生を防止できるので、高光出力であり、かつしきい

値電流や動作電流が低い半導体レーザを容易に得ることができる。

【0017】また、この発明においては、レーザ共振器端面近傍の量子井戸構造層は、不純物のイオン注入により無秩序化された窓構造を有し、かつ、このディスオーダーされた量子井戸構造層上に配置された第1上クラッド層上には、第1導電形の電流ブロック層が配置されているため、上記窓構造が形成された領域には該電流ブロック層と上記基板の間で、第1導電形、第2導電形、第1導電形となる接合が形成され、上記窓構造における無効電流の発生を防止でき、更に該電流ブロック層は禁制帯幅が上記量子井戸構造層よりも大きいため、該量子井戸構造層で発生するレーザ光を吸収せず、共振器損失が少ないので、高光出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低い半導体レーザを容易に得ることができる。

【0018】また、この発明においては、レーザ共振器端面に達しないリッジを形成し、第1の上クラッド層上から量子井戸構造層のレーザ共振器端面近傍領域に、上記第1の上クラッド層の導電形が反転しないように不純物のイオン注入を行い、該領域の量子井戸構造層を無秩序化して窓構造を形成し、その後、上記リッジの周囲に電流ブロック層を形成し、上記窓構造が形成された領域には該電流ブロック層と上記基板の間で、第1導電形、第2導電形、第1導電形となる接合が形成されるようにし、上記窓構造における無効電流の発生を防止したので、高光出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低い半導体レーザを容易に得ることができる。

【0019】また、この発明においては、レーザ共振器端面に達しないリッジを形成し、第1の上クラッド層上から、レジストを使用せず、絶縁膜パターンをマスクとして上記リッジ下部を除く量子井戸構造層に、上記第1の上クラッド層の導電形が反転しないように不純物のイオン注入を行い、該領域の量子井戸構造層を無秩序化して窓構造を形成し、その後、上記リッジの周囲に電流ブロック層を形成し、上記窓構造が形成された領域には該電流ブロック層と上記基板の間で、第1導電形、第2導電形、第1導電形となる接合が形成されるようにして、上記窓構造における無効電流の発生を防止したので、高光出力であり、しきい値電流や動作電流が低く、更に、レジストによる表面の汚染等が発生しないため、電流ブロック層形成時のプロセスでの欠陥等が発生しにくい半導体レーザを容易に得ることができる。

#### 【0020】

【実施例】実施例1. 図1は本発明の第1の実施例による半導体レーザの構成を示す断面図であり、図1(a)は半導体レーザ全体を示す斜視図、図1(b)は図1(a)のI b部における断面図、即ち半導体レーザの共振器長方向の断面図であり、図1(c)は図1(a)のI c部における断面図、即ち通常のリッジ構造領域の断面図であり、図1(d)は図1(a)のI d部における断面図、即ち窓構

造領域の断面図である。図において、1はn-GaAs半導体基板、2は厚さが1.5~2μmでアルミ組成比x1が0.5であるn-Alx1Ga1-x1As下クラッド層、3はアルミ組成比y1が0.05であるAl y1Ga1-y1Asウエル層(図示せず)とアルミ組成比z1が0.3~0.35であるAl z1Ga1-z1Asバリア層(図示せず)から構成されている3層構造の量子井戸構造層で、両端に厚さ0.2~0.3μmのバリア層を備え、その間に厚さ約80オングストロームのウエル層と厚さ50~80オングストロームのバリア層が交互に3層積層されて構成されている。4は厚さが0.2~0.3μmでアルミ組成比w1が0.5であるp-Al w1Ga1-w1As第1クラッド層、5は厚さが約200オングストロームでアルミ組成比q1が0.7であるp-Al q1Ga1-q1Asエッチングストッパー層、6は厚さが1.5~2μmでアルミ組成比r1が0であるn-Al r1Ga1-r1As電流ブロック層、7は厚さが2~3μmのp-GaAs第2コンタクト層、8はp-電極、9はn-電極、10は厚さ0.8~1.3μmのアルミ組成比が0.5であるp-Al t1Ga1-t1As第2クラッド層、11は厚さが約0.7μmのp-GaAs第1コンタクト層、12はリッジで、n-電極9側の共振器幅方向の幅が約8μm、p-電極8側の共振器幅方向の幅が約4μmとなるような台形状に形成されている。15は共振器長方向の長さが300~600μm、幅が約300μmの半導体レーザ素子、14はシリコンのイオン注入によりディスオーダーされた、共振器幅方向の幅が約50μmの量子井戸構造層の領域、13はシリコンがイオン注入された領域である。

【0021】図2は本実施例1の半導体レーザの製造方法を半導体レーザの1チップについて示す工程図であり、図において、図1と同一符号は、同一又は相当する部分を示し、20は絶縁膜、21はレジスト、22は開口部である。

【0022】次に、製造方法を図2について説明する。n-GaAs半導体基板1上に、下クラッド層2、量子井戸構造層3、第1の上クラッド層4、エッチングストッパー層5、第2の上クラッド層10、第1コンタクト層11を順次エピタキシャル結晶成長させる。成長後のウエハの斜視図を図2(a)に示す。このウエハ上の全面に絶縁膜20を形成する。材質としてはSi3N4、SiO2等を用いる。この絶縁膜を図4(b)に示すように、半導体レーザの共振器端面から約20μmの間隔をあけて、共振器方向の幅が約8μmとなるようにストライプ状にパターンニングする。

【0023】この絶縁膜20はリッジエッチングのマスクとして機能する。すなわち図4(c)に示すように、この絶縁膜20をマスクとしてリッジ形状ができるようエッチングを行う。このエッチングはp-GaAs第1コンタクト層11、p-Al t1Ga1-t1As (t1=0.

5) 第2クラッド層10はエッチングできるが、 $p-A l q l G a l-q l A s$  ( $q l=0.7$ ) エッチングストッパー層5はエッチングされないような選択エッチャントを用いることにより、再現性良くリッジ12を形成できる。このようなエッチャントの例として酒石酸と過酸化水素の混合液が挙げられる。

【0024】リッジ12形成後、ウエハ全面をイオン注入用レジスト21で覆い、フォトリソグラフィ技術によって、レーザの共振器端面からリッジ12の端部に達する程度まで共振器幅方向の幅が約 $50 \mu m$ のイオン注入用の開口部22を形成する(図4(d))。

【0025】次に図4(e)に示すように、このウエハにシリコンのイオン注入を行う。イオン注入用レジスト21で覆われた箇所はイオン注入されないが、開口部22の結晶部にシリコンがイオン注入される。イオン注入しただけでは量子井戸構造層3にはディスオーダーは起こらず、なんらかの熱処理によりシリコン原子を結晶中で拡散させて初めてディスオーダーが生じるので、イオン注入後、ウエハをアニールするか、又はこの工程以後の結晶成長時の熱を利用することによって、シリコン原子が拡散され、ディスオーダーされた量子井戸構造層14、つまり窓構造として機能する領域が形成される。次に図4(f)のように、リッジ部分12以外の箇所に、リッジ12を埋め込むように $n-A l r l G a l-r l A s$  ( $r l=0$ ) 電流ブロック層6を選択成長させる。なお、リッジ部分12には絶縁膜20が結晶成長時のマスクともなるため、結晶成長はおこなない。次に、ウエットあるいはドライエッチングにより絶縁膜20を除去した後、さらに $p-G a A s$  第2コンタクト層7を結晶成長し、 $n-G a A s$  半導体基板1側に $n$ -電極9、 $p-G a A s$  第2コンタクト層7側に $p$ -電極8を形成し、図1(a)に示す窓構造を有する半導体レーザ15が得られる。

【0026】なお、上記の半導体チップは、実際には複数のチップが同一基板上で同時に形成されることによって製造されるものであり、図3は複数の本発明に係る半導体レーザチップを同一基板上で製造する場合における、製造方法の主要工程を示す図である。図3(a)は、図2(d)のイオン注入のためのレジスト21を設ける工程に対応する平面図、図3(b)は、図2(e)のシリコンをイオン注入する工程に対応する図3(a)のIII bにおける断面図、図3(c)は、第2コンタクト層7及び電極8、9形成後のウエハをへき開して、図1(a)に示す半導体レーザを得る工程を示す図3(a)のIII bにおける断面図である。図3(c)に示すように、へき開によって半導体チップが形成されるので、リッジ12とリッジ12相互の共振器長方向の間隔は、へき開に支障のない程度である必要があり、図3(a)においては、リッジ12相互の間隔 $d1$ は約 $40 \mu m$ であり、開口部22の共振器幅方向の幅 $w1$ は約 $50 \mu m$ であり、開口部22の共振器長方向の幅 $d2$ はリッジ12相互の間隔に可能な限り近

い長さとなるように開口されている。

【0027】ここで、上記図2(e)の工程におけるイオン注入時の条件について説明する。図5はイオン注入領域、すなわち、ディスオーダーにより窓構造となる量子井戸構造層14のキャリア濃度のプロファイルを示す図である。リッジ12形成後、シリコンのイオン注入をおこなうので、イオン注入が行われる層は $p-A l q l G a l-q l A s$  ( $q l=0.7$ ) エッチングストッパー層5、 $p-A l w l G a l-w l A s$  ( $w l=0.5$ ) 第1クラッド層4、量子井戸構造層3、 $n-A l x l G a l-x l A s$  ( $x l=0.5$ ) 下クラッド層2の一部である。

【0028】この時、イオン注入の制約は2つある。即ち、第1の制約として、量子井戸構造層3をディスオーダーさせるのに十分なシリコン原子が注入されること、即ち、 $1 \times 10^{18} cm^{-3}$  以上のシリコン原子が必要とされることがあり、第2の制約として、シリコンは $G a A s$  結晶中では $n$ 形のドーパントになるが、第1クラッド層4が $n$ 形になると、クラッド層2と同一の導電形となり、窓構造層14が無効電流のパスとなるので、 $p-A l w l G a l-w l A s$  ( $w l=0.5$ ) 第1クラッド層4の導電形がイオン注入されたシリコン原子により $n$ 形に変わらなくすることがある。

【0029】そこで、図5に示すように、 $p-A l w l G a l-w l A s$  ( $w l=0.5$ ) 第1クラッド層4の $p$ のキャリア濃度を $2 \times 10^{18} cm^{-3}$  とし、シリコンのイオン注入のピークが量子井戸構造層3の中央付近に位置するようなプロファイルで、かつ、ピークが $1 \times 10^{18} cm^{-3}$  になるような条件でイオン注入を行うと、 $p-A l w l G a l-w l A s$  ( $w l=0.5$ ) 第1クラッド層4は $n$ 形に反転することなく、量子井戸構造層3がディスオーダーされた窓構造14が形成できる。この時、イオン注入の条件としては、 $p-A l w l G a l-w l A s$  ( $w l=0.5$ ) 第1クラッド層4の層厚は $0.2 \sim 0.3 \mu m$ が素子上最適なので、第1クラッド層4がこの層厚の時は、 $150 k e V$ の加速電圧で $1 \times 10^{14} cm^{-2}$  の濃度で行うことによって、図5に示すようなプロファイルを実現できる。

【0030】以上のように本実施例の窓構造を有する半導体レーザでは、従来の窓構造の欠点であった窓構造領域に流れる無効電流を完全に防ぐことができる。つまり、窓構造を作製するのに必要なシリコンの不純物を量子井戸構造領域3に、第1の上クラッド層4の導電形を反転させないように選択的に注入したためである。

【0031】このように、本実施例では、窓構造領域に無効電流が発生しないため、従来より低い値、低動作電流で動作し、かつ窓構造を有しているため高光出力動作が可能な半導体レーザを得ることができる。

【0032】なお、上記実施例では $p-A l q l G a l-q l A s$  ( $q l=0.7$ ) エッチングストッパー層5で止まるような選択エッチングを用いてリッジを形成することとしたが、この工程は必ずしも必要ではなく、エッチング

ストップ層5を設けず、エッチング時間の制御による無選択なエッチングによりリッジを形成してもよい。

【0033】また、上記説明ではイオン注入種をシリコンとしたが、量子井戸構造のディスオーダーをひきおこし得る原子、例えばZnなどでも何ら問題はない。

【0034】また、上記実施例と反対の導電型を有する半導体レーザについて本実施例の製造方法を利用して、同様の効果を得ることができる。

【0035】実施例2. 上記実施例1では窓構造を形成する領域のみに選択的にイオン注入を行う際にレジストをマスクとして使用した。しかし、この実施例1の方法では、ウエハ上にリッジ12のような突起がある場合、レジストがその部分で途切れる可能性があり、また、イオン注入の次工程で結晶成長を行うが、その前にウエハ表面をレジストにさらすと表面が有機物で汚染されるため、その上に形成された $n\text{-Al}_{r1}\text{Ga}_{1-r1}\text{As}$  ( $r1=0$ ) 電流ブロック層6の結晶性が良くなり、表面フォロジが悪くなり表面に凹凸ができなくなる、あるいは欠陥を介したリーク電流が発生する可能性がある。

【0036】図5は上記のような問題点を解決するための本発明の第2の実施例による半導体レーザの製造方法の1工程を示す斜視図であり、レジストを用いないウエハプロセスとして、上記第1の実施例による半導体レーザの製造方法において、図2(c)に示したエッチングによるリッジ12形成工程の後に、レジスト21を形成せずに、全面にシリコン25をイオン注入するようにしたものである。この方法によれば、リッジ12下部以外の箇所にはすべてイオン注入されたシリコン25によりディスオーダーされた量子井戸構造層14が形成されるが、リッジ12以外は電流ブロック層6に覆われているため、素子特性上の問題はない。また、リッジ12部分は絶縁膜20がイオン注入に対してマスクの機能を果たすので、リッジ12下部の半導体レーザの導波路となる量子井戸構造層3はディスオーダーされない。

【0037】このように、本実施例においては、イオン注入の際にレジストを使用しないので、上記の様なウエハ表面の汚染等といった問題点を発生させることなく、上記実施例1と同様の効果を得ることができる。

【0038】実施例3. 上記実施例1の半導体レーザ15は電流ブロック層6が $\text{Al}_{r1}\text{Ga}_{1-r1}\text{As}$  ( $r1=0$ ) で構成されているが、この構造では窓構造14近傍にはリッジ12が形成されていないため、窓構造領域14を通過するレーザ光は近接した電流ブロック層6の光吸収を受ける。この結果、半導体レーザ15の共振器損失が大きくなり、しきい値電流は若干高くなる。

【0039】図6は上記のような問題点を解決するための、本発明の第3の実施例による半導体レーザの構造を示す斜視図であり、上記実施例1による半導体レーザにおいて、電流ブロック層6の代わりに $n\text{-Al}_{r1}\text{Ga}_{1-r1}\text{As}$  ( $r1=0.7$ ) 電流ブロック層23を選択成長に

より形成させるようにしたものである。

【0040】このように、 $n\text{-Al}_{r1}\text{Ga}_{1-r1}\text{As}$  ( $r1=0.7$ ) の代わりに $n\text{-Al}_{r1}\text{Ga}_{1-r1}\text{As}$  ( $r1=0.7$ ) によって電流ブロック層23を構成するようにしたので、この電流ブロック層23のバンドギャップエネルギーが量子井戸構造層3で発生するレーザ光のフォトンエネルギーより大きくなるため、窓構造14近傍におけるブロック層23による光吸収はなくなる。この結果、実施例1よりより低しきい値、低動作電流で動作する窓構造を有する半導体レーザ15が得られる。

【0041】なお、この時、リッジ12の第2のクラッド層10のほうで電流ブロック層23よりも屈折率が大きくなるので、実屈折率型レーザとして量子井戸構造層3で発生したレーザ光はリッジ12近傍に集中するので、上記実施例1と同様に、半導体レーザの動作特性の中で重要な、水平横モードも安定に単峰の形状となるレーザ光を得ることができる。

【0042】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、レーザ共振器端面の量子井戸構造層を不純物のイオン注入によりディスオーダーして形成した窓構造層を備え、かつ、このディスオーダーした量子井戸構造層上に配置した第1クラッド層上に第1導電形の電流ブロック層を配置したから、上記窓構造における無効電流の発生を防止でき、高出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低い半導体レーザを得ることができる効果がある。

【0043】また、この発明によれば、レーザ共振器端面の量子井戸構造層を不純物のイオン注入によりディスオーダーして形成した窓構造を備え、かつ、このディスオーダーした量子井戸構造層上に配置した第1クラッド層上に第1導電形で、禁制帯幅が上記量子井戸構造層よりも大きい電流ブロック層を配置したから、上記窓構造が形成された領域には、上記基板と上記電流ブロック層との間に第1導電形、第2導電形、第1導電形となる接合が形成され、上記窓構造における無効電流の発生を防止でき、さらに、上記電流ブロック層の禁制帯幅が上記量子井戸構造層よりも大きいため、該量子井戸構造層で発生するレーザ光を吸収せず、共振器損失の少ないので、高出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低い半導体レーザを得ることができる効果がある。

【0044】また、この発明によれば、レーザ共振器端面に達しないリッジを形成し、第1の上クラッド層上から量子井戸構造層のレーザ共振器端面近傍に、上記第1の上クラッド層の導電形が反転しないように不純物のイオン注入を行い、該領域の量子井戸構造層を無秩序化して窓構造を形成し、その後上記リッジの周囲に電流ブロック層を形成したから、上記窓構造における無効電流の発生を防止でき、高出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低い半導体レーザを得ることができる効果がある。

10

20

30

40

50



【0045】また、この発明によれば、レーザ共振器端面に達しないリッジを形成し、第1の上クラッド層上から、レジストを使用せず、絶縁膜パターンをマスクとして上記リッジ下部を除く量子井戸構造層に、上記第1の上クラッド層の導電形が反転しないように不純物のイオン注入を行い、該領域の量子井戸構造層を無秩序化して窓構造を形成し、その後に、上記リッジの周囲に電流ブロック層を形成したから、上記窓構造における無効電流の発生を防止でき、高出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低く、更に、レジストによる表面汚染等が発生しないため、電流ブロック層形成時のプロセスでの欠陥等が発生しにくい半導体レーザを得ることができる効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施例による半導体レーザの構造を示す図である。

【図2】この発明の第1の実施例による半導体レーザの製造方法を示す工程図である。

【図3】この発明の第1の実施例による半導体レーザの製造方法の主要工程を示す図である。

【図4】この発明の第1の実施例による半導体レーザのイオン注入されたシリコンのプロファイルを示す図である。

【図5】この発明の第2の実施例による半導体レーザの製造方法におけるイオン注入工程を示す図である。

【図6】この発明の第3の実施例による半導体レーザの構造を示す斜視図である。

【図7】従来の半導体レーザの構造を示す図である。

【図8】従来の半導体レーザの製造方法を示す工程図である。

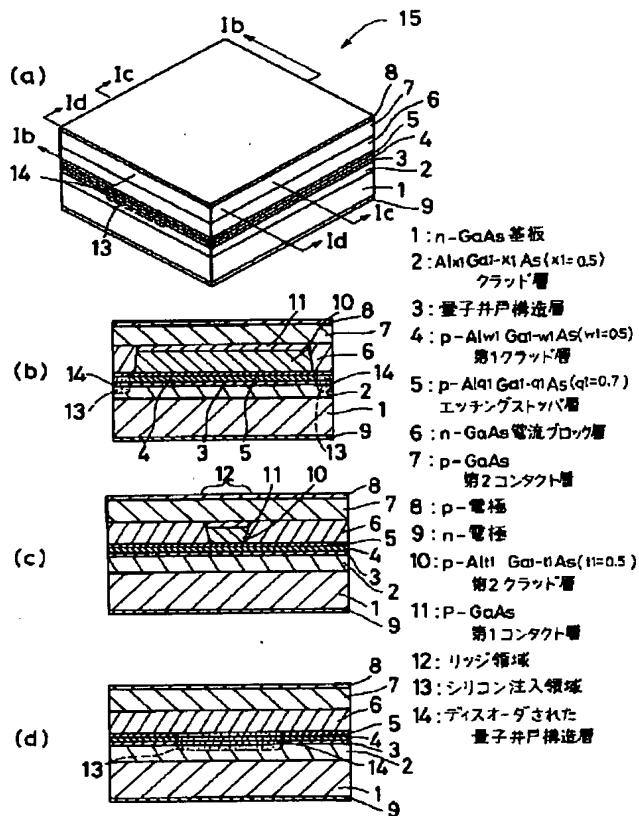
【図9】従来の半導体レーザの量子井戸構造層のアルミ組成比を示す図である。

#### 【符号の説明】

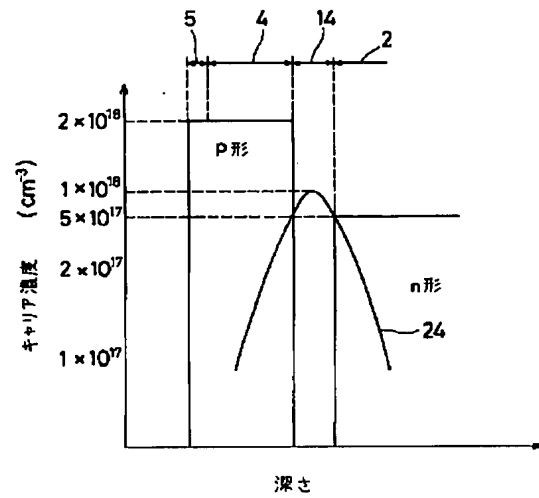
- 1 n-GaAs 半導体基板
- 2 n-Al<sub>x</sub>1Ga<sub>1-x</sub>1As (x<sub>1</sub>=0.5) 下クラッド層
- 3 量子井戸構造層
- 4 p-Al<sub>w</sub>1Ga<sub>1-w</sub>1As (w<sub>1</sub>=0.5) 第1上クラッド層
- 5 p-Al<sub>q</sub>1Ga<sub>1-q</sub>1As (q<sub>1</sub>=0.7) エッチングストップ層
- 6 n-Al<sub>r</sub>1Ga<sub>1-r</sub>1As (r<sub>1</sub>=0) 電流ブロック層
- 7 p-GaAs 第2コンタクト層

- 8 p-電極
- 9 n-電極
- 10 p-Al<sub>t</sub>1Ga<sub>1-t</sub>1As (t<sub>1</sub>=0.5) 第2上クラッド層
- 11 p-GaAs 第1コンタクト層
- 12 リッジ
- 13 シリコン(Si)がイオン注入された領域
- 14 シリコン(Si)によりディスオーダーされた量子井戸構造層の領域
- 15 半導体レーザ素子
- 18 量子井戸構造中のウエル層のアルミ組成比
- 19a 量子井戸構造中のバリア層のアルミ組成比
- 19b 量子井戸構造中のバリア層のアルミ組成比
- 20 絶縁膜
- 21 イオン注入用第1のレジスト
- 22 レジスト中の開口部
- 23 n-Al<sub>r</sub>1Ga<sub>1-r</sub>1As (r<sub>1</sub>=0.7) 電流ブロック層
- 24 シリコンのプロファイル
- 20 25 シリコン
- 100 半導体レーザ素子
- 101 n-GaAs 半導体基板
- 102 n-Al<sub>x</sub>2Ga<sub>1-x</sub>2As (x<sub>2</sub>=0.5) 下クラッド層
- 103 量子井戸構造層
- 104 p-Al<sub>w</sub>2Ga<sub>1-w</sub>2As (w<sub>2</sub>=0.5) 第1上クラッド層
- 105 p-Al<sub>q</sub>2Ga<sub>1-q</sub>2As (q<sub>2</sub>=0.7) エッチングストップ層
- 30 106 n-Al<sub>r</sub>2Ga<sub>1-r</sub>2As (r<sub>2</sub>=0) 電流ブロック層
- 107 p-GaAs 第2コンタクト層
- 108 p-電極
- 109 n-電極
- 110 p-Al<sub>t</sub>2Ga<sub>1-t</sub>2As (t<sub>2</sub>=0.5) 第2上クラッド層
- 111 p-GaAs 第1コンタクト層
- 112 リッジ領域
- 113 Zn拡散領域
- 40 114 Znによりディスオーダーされた量子井戸構造層
- 120 第2のレジスト
- 121 第1のレジスト
- 125 Zn拡散

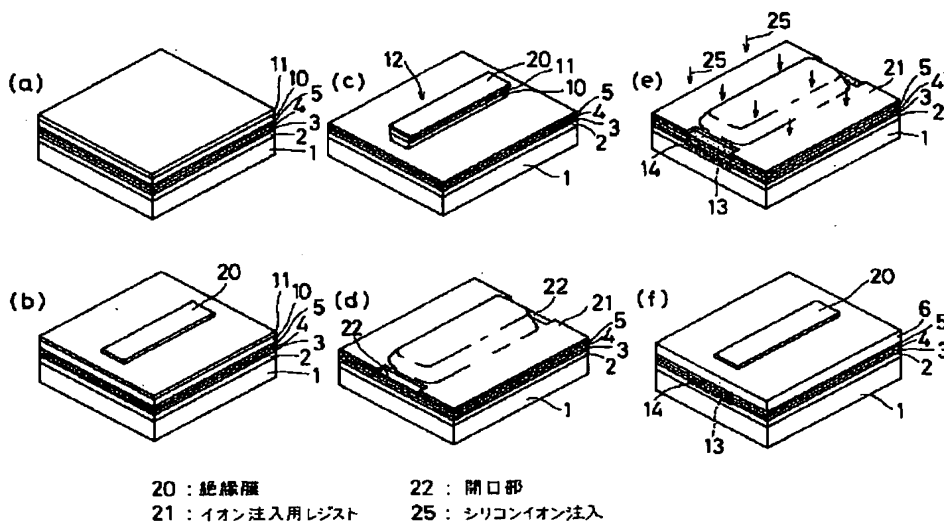
【図1】



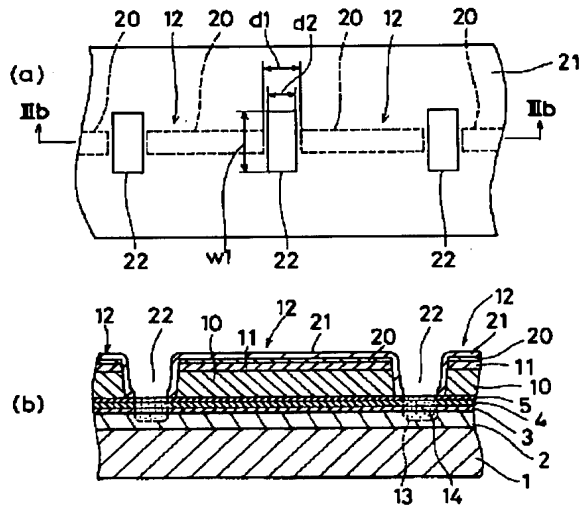
【図4】



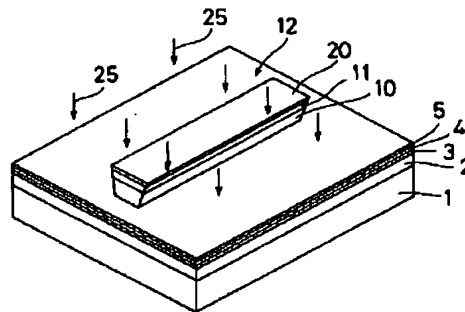
【図2】



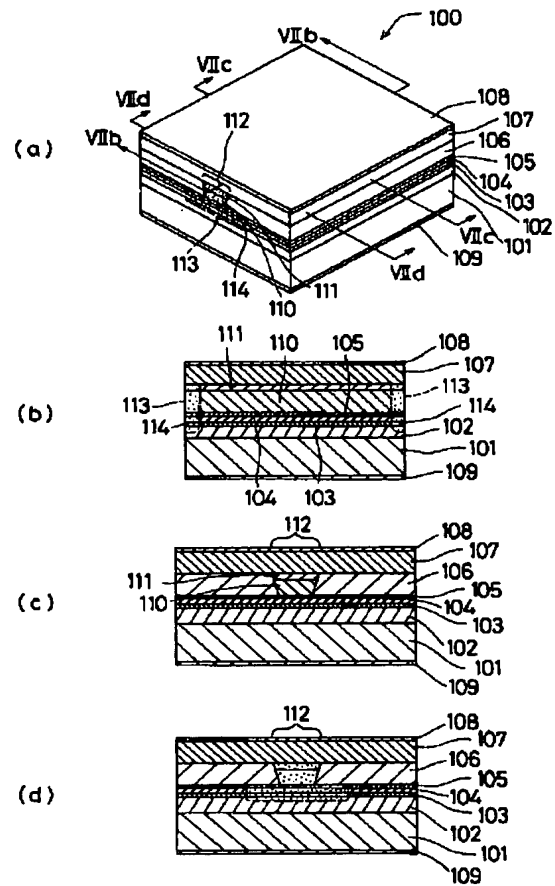
【図3】



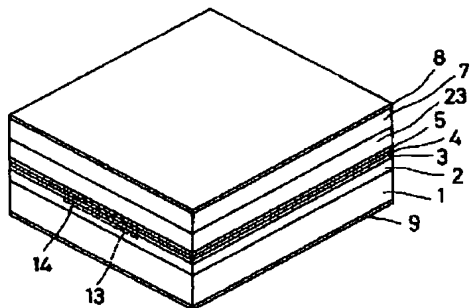
【図5】



【図7】

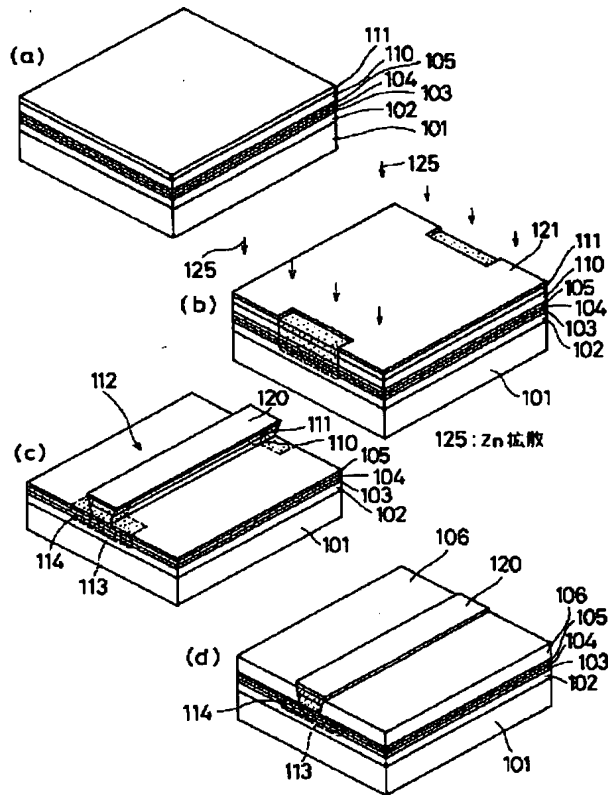


【図6】

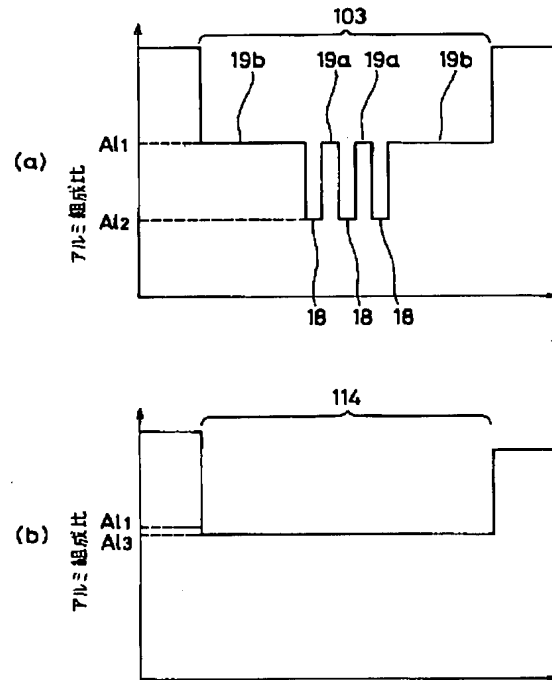


23 : h-Al(r) GaH<sub>1-x</sub>As 電流ブロック層 (r=0.7)

【図8】



【図9】



18:  $\text{Al}_{z1}\text{Ga}_{1-z1}\text{As}$  ウェル層 ( $z1 \approx 0.05$ )  
 19a, 19b:  $\text{Al}_{y1}\text{Ga}_{1-y1}\text{As}$  バリア層 ( $0.3 \leq y1 \leq 0.5$ )  
 103: 量子井戸構造層  
 114: ティスオーダーされた量子井戸構造層

## 【手続補正書】

【提出日】平成6年7月8日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項4

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項4】 n形GaAs半導体基板上に配置されたn形 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 下クラッド層と、該下クラッド層上に配置された、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ バリア層及び $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$  ( $y > z \geq 0$ ) ウェル層が交互に積層されてなり、その実効的な禁制帯幅が上記下クラッド層よりも小さい量子井戸構造層と、該量子井戸構造層上に配置され、上記量子井戸構造の実効的な禁制帯幅よりも大きい禁制帯幅を有する、p形 $\text{Al}_w\text{Ga}_{1-w}\text{As}$ 上クラッド層と、該上クラッド層上に配置された、半導体レーザの共振器長方向に伸びる、レーザ共振器端面に達しない長さのストライプ状のp形 $\text{Al}_t\text{Ga}_{1-t}\text{As}$ 層により構成されたリッジと、

半導体レーザの共振器端面近傍の上記量子井戸構造層に不純物の導入により形成された無秩序化領域と上記リッジ周囲の上記上クラッド層上に該リッジを埋め込むように配置されたn形 $\text{Al}_r\text{Ga}_{1-r}\text{As}$  ( $r \geq 0$ ) 電流ブロック層と、上記電流ブロック層と上記リッジ上部に配置されたp形GaAsコンタクト層とを備えたことを特徴とする半導体レーザ。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0002】

【従来の技術】図7は従来の窓構造を有する半導体レーザの構造を示す図であり、図7(a)は半導体レーザ素子全体を示す斜視図であり、図7(b)は図7(a)のVII b部における断面図、図7(c)は図7(a)のVII c部における断面図、図7(d)は図7(a)のVII d部における断

面図である。図において、100は共振器長方向の長さが300～600 $\mu\text{m}$ で、共振器幅方向の幅が約300 $\mu\text{m}$ の半導体レーザ素子、101はn-GaAs半導体基板、102は厚さ1.5～2 $\mu\text{m}$ のAl組成比が0.5であるn-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As下クラッド層、103はAl組成比が0.05であるAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>Asのウェル層（図示せず）とAl組成比が0.3～0.35であるAl<sub>z</sub>Ga<sub>1-z</sub>Asのバリア層（図示せず）から構成されている3層構造の量子井戸構造層で、両端に厚さ0.2～0.3 $\mu\text{m}$ のバリア層を有し、その間に厚さ約80 $\text{\AA}$ のウェル層と厚さ50～80 $\text{\AA}$ のバリア層が交互に3層積層されて構成されている。104は厚さ0.2～0.3 $\mu\text{m}$ のAl組成比が0.5であるp-Al<sub>w</sub>Ga<sub>1-w</sub>As第1上クラッド層、105は厚さ約200 $\text{\AA}$ でAl組成比が0.7であるp-Al<sub>q</sub>Ga<sub>1-q</sub>Asエッチングストップ層、106は厚さが1.5～2 $\mu\text{m}$ であるn-GaAs電流ブロック層、107は厚さ2～3 $\mu\text{m}$ のp-GaAs第2コンタクト層、108はp-電極、109はn-電極、110は厚さ0.8～1.3 $\mu\text{m}$ でAl濃度が0.5であるp-Al<sub>t</sub>Ga<sub>1-t</sub>As第2上クラッド層、111は厚さ約0.7 $\mu\text{m}$ のp-GaAs第1コンタクト層、112はリッジ領域で、n-電極109側の共振器幅方向の幅が約4 $\mu\text{m}$ 、p-電極108側の共振器幅方向の幅が約5～6 $\mu\text{m}$ となるような逆台形状に形成されている。114はZnにより無秩序化された量子井戸構造層の領域で、共振器幅方向の幅は約50 $\mu\text{m}$ である。また、113はZnが拡散された領域である。

#### 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正内容】

【0004】次に製造方法について説明する。まず、図8(a)に示すように、半導体基板101表面にクラッド層102、量子井戸構造層103、第1クラッド層104、エッチングストップ層105、第2クラッド層110、第1コンタクト層111をエピタキシャル成長法により形成する。次に、第1のレジスト121を第1のコンタクト層111上に設けた後に、この第1のレジスト121をパターニングしレーザ共振器反面近傍に開口部を設け、これをマスクとして半導体レーザの端面となる領域にZn拡散125を行う（図8(b)）。この時、拡散濃度は $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ とする。さらに、量子井戸構造層を無秩序化するために、ウェハにアニールを行う。なお、アニールを行う代わりに、この工程以後の結晶成長時の熱によって無秩序化してもよい。次に図8(c)に示すように、第1のレジスト121を除去した後、第2のレジスト120をマスクとして第2クラッド層110をストライプ状に、エッチングストップ層105までエッチングを行い、リッジ112を形成する。更に、図8(d)に示すように、リッジ112を埋め込むようにリッジ112周囲に電流ブロック層106を選択成長させ、第2のレジスト120を除去した後、リッジ112及び電流ブロック層106上に第2のコンタクト層107及び電極108を形成し、半導体基板101の裏面側に電極109を形成して、図7(a)に示す半導体レーザ100を得る。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】次に動作について説明する。図7(a)に示す半導体レーザ素子100のp-電極108側に+、n-電極109側に-となるように電圧を印加すると、ホールはp-GaAs第2コンタクト層107から、p-GaAs第1コンタクト層111、p-Al<sub>t</sub>Ga<sub>1-t</sub>As (t=0.5)第2クラッド層110、p-Al<sub>w</sub>Ga<sub>1-w</sub>As (w=0.5)第1クラッド層104を経て量子井戸構造層103へ、また、電子はn-GaAs半導体基板101、n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As (x=0.5)クラッド層102を経て量子井戸構造層103にそれぞれ注入され、電子とホールの再結合が発生し、量子井戸構造層103内で誘導放光が生ずる。そしてキャリアの注入量を十分高くして導波路の損失を越える光が発生すればレーザ発振が生じる。

#### 【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】次にリッジ構造について説明する。図7(a)に示すリッジ構造を有する半導体レーザ100において、ストライプ状のリッジ112部分以外のn-GaAs電流ブロック層106に覆われている領域では、p-AlGaAs第1クラッド層104とp-GaAs第2コンタクト層107との間でそれぞれpn接合が形成されており、p-電極108側が+になるよう電圧を印加しても、リッジ領域112以外ではpn接合が形成されており、逆バイアスとなるため電流は流れない。つまりn-GaAs電流ブロック層106は文字通り電流をブロックする機能を果たす。よって電流はリッジ領域112のみを流れるため、リッジに近接する量子井戸構造層103領域のみに電流は集中し、レーザ発振するのに十分な電流密度に達する。またn-GaAs電流ブロック層106は量子井戸構造層103で発したレーザ光を吸収する性質がある。これはGaAsの禁制帯幅が量子井戸構造層103の量子化効果に基づく実効的な禁制帯

幅より小さくなるよう設計されているからである。このため、リッジ領域112の両脇ではレーザ光は強い吸収を受けるため、リッジ領域112の近傍のみにレーザ光も集中する。この結果、半導体レーザの動作特性の中で重要な水平横モードも安定に単峰の形状となるレーザ光が得られる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】次に窓構造について説明する。一般にコンパクトディスク（CD）等の光ディスク装置の光源として用いられる $0.8\mu\text{m}$ 帯の波長のレーザ光を発するAlGaAs系の半導体レーザの最大光出力は、レーザ共振器端面破壊が発生する光出力で決定される。即ち、端面破壊は端面領域の表面準位のレーザ光の吸収によって発生した熱で、半導体レーザの活性層を構成する結晶自体が熔融するために発生するものであり、この端面破壊が発生すると共振器の機能を果たさなくなるからである。よって高光出力動作を実現するためには、より高い光出力でも端面破壊が生じない工夫が必要である。このためには端面領域でレーザ光を吸収しにくくする構造、つまりレーザ光に対して“透明”となるような窓構造が非常に有効である。この窓構造は、端面近傍の領域の禁制帯幅がレーザ光を発する活性層の禁制帯幅よりも高くなるようにして形成される。図7(a)に示す半導体レーザ100の構造では、量子井戸構造層103が活性層となっているので、この半導体レーザの窓構造は、図8の製造方法に示すように、Zn拡散125による量子井戸構造103の無秩序化を利用して形成される。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】図9(a)は亜鉛拡散125により無秩序化する前の量子井戸構造層103のアルミ組成比のプロファイルを、(b)はZn拡散により無秩序化した後の量子井戸構造層114のアルミ組成比のプロファイルをそれぞれ示す。図において、19a, 19bは $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$  ( $0.35 \geq z \geq 0.3$ )のバリア層、18は $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y=0.05$ )のウェル層、A11はバリア層19a, 19bのアルミ組成比、A12はウェル層18のアルミ組成比、A13は無秩序化後の量子井戸構造層114のアルミ組成比を示す。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】図に示すように、量子井戸構造103にZnやシリコンのような不純物を拡散させると、ウェル層18とバリア層19a, 19bを構成する原子が混じり合う。この結果、ウェル層18はバリア層19bに比べて層厚が薄いので、拡散後の量子井戸構造層114のA1組成比A13は拡散前のバリア層19a, 19bのA1組成比A11とほぼ等しい値となり、量子井戸構造層103の実効的な禁制帯幅はバリア層19a, 19bの禁制帯幅とほぼ等しい値になる。よってZnにより無秩序化された量子井戸構造層114の禁制帯幅は、無秩序化されていない量子井戸構造層103の実効的な禁制帯幅より大きくなるため、レーザ光に対して“透明”な窓構造となる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】

【作用】この発明においては、レーザ共振器端面近傍の量子井戸構造層は、不純物のイオン注入により無秩序化された窓構造を有し、かつ、この無秩序化された量子井戸構造層上に配置された第1上クラッド層上には、第1導電形の電流ブロック層が配置されているため、上記窓構造が形成された領域には該電流ブロック層と上記基板の間で、第1導電形、第2導電形、第1導電形となる接合が形成され、上記窓構造における無効電流の発生を防止できるので、高光出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低い半導体レーザを容易に得ることができる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】また、この発明においては、レーザ共振器端面近傍の量子井戸構造層は、不純物のイオン注入により無秩序化して形成された窓構造を有し、かつ、この無秩序化された量子井戸構造層上に配置された第1上クラッド層上には、第1導電形の電流ブロック層が配置されているため、上記窓構造が形成された領域には該電流ブロック層と上記基板の間で、第1導電形、第2導電形、第1導電形となる接合が形成され、上記窓構造における無効電流の発生を防止でき、更に該電流ブロック層は禁制帯幅が上記量子井戸構造層よりも大きいため、該量子井戸構造層で発生するレーザ光を吸収せず、共振器損失が少ないので、高光出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低い半導体レーザを容易に得ることができる。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】また、この発明においては、レーザ共振器端面に達しないリッジを形成し、第1の上クラッド層上から、レジストを使用せず、絶縁膜パターンをマスクとして上記リッジ下部を除く量子井戸構造層に、上記第1の上クラッド層の導電形が反転しないように不純物のイオン注入を行い、該領域の量子井戸構造層を無秩序化して窓構造を形成し、その後、上記リッジの周囲に電流ブロック層を形成し、上記窓構造が形成された領域には該電流ブロック層と上記基板の間で、第1導電形、第2導電形、第1導電形となる接合が形成されるようにして、上記窓構造における無効電流の発生を防止したので、高光出力であり、しきい値電流や動作電流が低く、更に、レジストによる表面の汚染等が発生しないため、電流ブロック層形成時の選択結晶成長中の欠陥等が発生しにくい半導体レーザを容易に得ることができる。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】

【実施例】実施例1. 図1は本発明の第1の実施例による半導体レーザの構成を示す断面図であり、図1(a)は半導体レーザ全体を示す斜視図、図1(b)は図1(a)のIb部における断面図、即ち半導体レーザの共振器長方向の断面図であり、図1(c)は図1(a)のIc部における断面図、即ち通常のリッジ構造領域の断面図であり、図1(d)は図1(a)のId部における断面図、即ち窓構造領域の断面図である。図において、1はn-GaAs半導体基板、2は厚さが1.5~2μmでアルミ組成比x1が0.5であるn-Alx1Ga1-x1As下クラッド層、3はアルミ組成比y1が0.05であるAl<sub>y1</sub>Ga<sub>1-y1</sub>Asウエル層（図示せず）とアルミ組成比z1が0.3~0.35であるAl<sub>z1</sub>Ga<sub>1-z1</sub>Asバリア層（図示せず）から構成されている3層構造の量子井戸構造層で、両端に厚さ0.2~0.3μmのバリア層を備え、その間に厚さ約80オングストロームのウエル層と厚さ50~80オングストロームのバリア層が交互に3層積層されて構成されている。4は厚さが0.2~0.3μmでアルミ組成比w1が0.5であるp-Al<sub>w1</sub>Ga<sub>1-w1</sub>As第1クラッド層、5は厚さが約200オングストロームでアルミ組成比q1が0.7であるp-Al<sub>q1</sub>Ga<sub>1-q1</sub>Asエッチングストッパー層、6は厚さが1.5~2μmでアルミ組成比r1が0であるn-Al<sub>r1</sub>Ga<sub>1-r1</sub>As電流ブロック層、7は厚さが2~3μmのp-GaAs第2コンタクト層、8はp-電極、9はn-電極、10は厚さ0.8~1.3μmのアルミ組成比が0.5である

p-Al<sub>t1</sub>Ga<sub>1-t1</sub>As第2クラッド層、11は厚さが約0.7μmのp-GaAs第1コンタクト層、12はリッジで、n-電極9側の共振器幅方向の幅が約4μm、p-電極8側の共振器幅方向の幅が約5~6μmとなるような逆台形状に形成されている。15は共振器長方向の長さが300~600μm、幅が約300μmの半導体レーザ素子、14はシリコンのイオン注入により無秩序化（ディスオーダー）された、共振器幅方向の幅が約50μmの量子井戸構造層の領域、13はシリコンがイオン注入された領域である。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】次に、製造方法を図2について説明する。n-GaAs半導体基板1上に、下クラッド層2、量子井戸構造層3、第1の上クラッド層4、エッチングストッパー層5、第2の上クラッド層10、第1コンタクト層11を順次エピタキシャル結晶成長させる。成長後のウエハの斜視図を図2(a)に示す。このウエハ上の全面に絶縁膜20を形成する。材質としてはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、SiO<sub>2</sub>等を用いる。この絶縁膜を図2(b)に示すように、半導体レーザの共振器端面から約20μmの間隔をあけて、共振器幅方向の幅が約8μmとなるようにストライプ状にパターンニングする。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】リッジ12形成後、ウエハ全面をイオン注入用レジスト21で覆い、フォトリソグラフィ技術によって、レーザの共振器端面からリッジ12の端部に達する程度まで共振器幅方向の幅が約50μmのイオン注入用の開口部22を形成する（図2(d)）。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】次に図2(e)に示すように、このウエハにシリコンのイオン注入を行う。イオン注入用レジスト21で覆われた箇所はイオン注入されないが、開口部22の結晶部にシリコンがイオン注入される。イオン注入しただけでは量子井戸構造層3には無秩序化は起こらず、なんらかの熱処理によりシリコン原子を結晶中で拡散させて初めて無秩序化が生じるので、イオン注入後、ウエハをアニールするか、又はこの工程以後の結晶成長時の熱を利用することによって、シリコン原子が拡散され、

無秩序化された量子井戸構造層14、つまり窓構造として機能する領域が形成される。次に図2(f)のように、リッジ部分12以外の箇所に、リッジ12を埋め込むように $n\text{-AlrlGal-r1As}$  ( $r1=0$ ) 電流ブロック層6を選択成長させる。なお、リッジ部分12には絶縁膜20が結晶成長時のマスクともなるため、結晶成長はおこらない。次に、ウェットあるいはドライエッチングにより絶縁膜20を除去した後、さらに $p\text{-GaAs}$ 第2コンタクト層7を結晶成長し、 $n\text{-GaAs}$ 半導体基板1側に $n\text{-電極9}$ 、 $p\text{-GaAs}$ 第2コンタクト層7側に $p\text{-電極8}$ を形成し、図1(a)に示す窓構造を有する半導体レーザ15が得られる。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】ここで、上記図2(e)の工程におけるイオン注入時の条件について説明する。図4はイオン注入領域、すなわち、無秩序化により窓構造となる量子井戸構造層14のキャリア濃度のプロファイルを示す図である。リッジ12形成後、シリコンのイオン注入をおこなうので、イオン注入が行われる層は $p\text{-AlqlGal-qlAs}$  ( $ql=0.7$ ) エッチングストップ層5、 $p\text{-AlwlGal-w1As}$  ( $w1=0.5$ ) 第1クラッド層4、量子井戸構造層3、 $n\text{-Alx1Gal-x1As}$  ( $x1=0.5$ ) 下クラッド層2の一部である。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正内容】

【0028】この時、イオン注入の制約は2つある。即ち、第1の制約として、量子井戸構造層3を無秩序化させるのに十分なシリコン原子が注入されること、即ち、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以上のシリコン原子が必要とされることがあり、第2の制約として、シリコンはGaAs結晶中ではn形のドーパントになるが、第1クラッド層4がn形になると、クラッド層2と同一の導電形となり、窓構造層14が無効電流のパスとなるので、 $p\text{-AlwlGal-w1As}$  ( $w1=0.5$ ) 第1クラッド層4の導電形がイオン注入されたシリコン原子によりn形に変わらないようにすることがある。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】そこで、図4に示すように、 $p\text{-AlwlGal-w1As}$  ( $w1=0.5$ ) 第1クラッド層4のホールの

キャリア濃度を $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  とし、シリコンのイオン注入のピークが量子井戸構造層3の中央付近に位置するようなプロファイルで、かつ、ピークが $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  になるような条件でイオン注入を行うと、 $p\text{-AlwlGal-w1As}$  ( $w1=0.5$ ) 第1クラッド層4はn形に反転することなく、量子井戸構造層3が無秩序化された窓構造14が形成できる。この時、イオン注入の条件としては、 $p\text{-AlwlGal-w1As}$  ( $w1=0.5$ ) 第1クラッド層4の層厚は $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$ が素子上最適なので、第1クラッド層4がこの層厚の時は、 $150 \text{ keV}$ の加速電圧で $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の濃度で行うことによって、図4に示すようなプロファイルを実現できる。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正内容】

【0033】また、上記説明ではイオン注入種をシリコンとしたが、量子井戸構造の無秩序化をひきおこし得る原子、例えばZnなどでも何ら問題はない。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正内容】

【0036】図5は上記のような問題点を解決するための本発明の第2の実施例による半導体レーザの製造方法の1工程を示す斜視図であり、レジストを用いないウェハプロセスとして、上記第1の実施例による半導体レーザの製造方法において、図2(c)に示したエッチングによるリッジ12形成工程の後に、レジスト21を形成せずに、全面にシリコン25をイオン注入するようにしたものである。この方法によれば、リッジ12下部以外の箇所にはすべてイオン注入されたシリコン25により無秩序化された量子井戸構造層14が形成されるが、リッジ12以外は電流ブロック層6に覆われているため、素子特性上の問題はない。また、リッジ12部分は絶縁膜20がイオン注入に対してマスクの機能を果たすので、リッジ12下部の半導体レーザの導波路となる量子井戸構造層3は無秩序化されない。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】このように、 $n\text{-AlrlGal-r1As}$  ( $r1=0$ )の代わりに $n\text{-AlrlGal-r1As}$  ( $r1=0.7$ )によって電流ブロック層23を構成するようにしたので、この電流ブロック層23の禁制帯幅が量子井戸構造層3で発するレーザ光のフォトンエネルギーより大き



くなるため、窓構造14近傍におけるブロック層23による光吸収はなくなる。この結果、実施例1よりより低い値、低動作電流で動作する窓構造を有する半導体レーザ15が得られる。

【手続補正22】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正内容】

【0042】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、レーザ共振器端面の量子井戸構造層を不純物のイオン注入により無秩序化して形成した窓構造層を備え、かつ、この無秩序化した量子井戸構造層上に配置した第1クラッド層上に第1導電形の電流ブロック層を配置したから、上記窓構造における無効電流の発生を防止でき、高出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低い半導体レーザを得ることができる効果がある。

【手続補正23】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正内容】

【0043】また、この発明によれば、レーザ共振器端面の量子井戸構造層を不純物のイオン注入により無秩序化して形成した窓構造を備え、かつ、この無秩序化した量子井戸構造層上に配置した第1クラッド層上に第1導電形で、禁制帯幅が上記量子井戸構造層よりも大きい電流ブロック層を配置したから、上記窓構造が形成された領域には、上記基板と上記電流ブロック層との間に第1導電形、第2導電形、第1導電形となる接合が形成され、上記窓構造における無効電流の発生を防止でき、さらに、上記電流ブロック層の禁制帯幅が上記量子井戸構造層よりも大きいため、該量子井戸構造層で発生するレーザ光を吸収せず、共振器損失の少ないので、高出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低い半導体レーザを得ることができる効果がある。

【手続補正24】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正内容】

【0045】また、この発明によれば、レーザ共振器端面に達しないリッジを形成し、第1の上クラッド層上から、レジストを使用せず、絶縁膜パターンをマスクとして上記リッジ下部を除く量子井戸構造層に、上記第1の上クラッド層の導電形が反転しないように不純物のイオン注入を行い、該領域の量子井戸構造層を無秩序化して窓構造を形成し、その後、上記リッジの周囲に電流ブロック層を形成したから、上記窓構造における無効電流

の発生を防止でき、高出力であり、かつしきい値電流や動作電流が低く、更に、レジストによる表面汚染等が発生しないため、電流ブロック層形成時の結晶成長中での欠陥等が発生しにくい半導体レーザを得ることができる効果がある。

【手続補正25】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】符号の説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【符号の説明】

- 1 n-GaAs 半導体基板
- 2 n-Al<sub>x1</sub>Ga<sub>1-x1</sub>As (x<sub>1</sub>=0.5) 下クラッド層
- 3 量子井戸構造層
- 4 p-Al<sub>w1</sub>Ga<sub>1-w1</sub>As (w<sub>1</sub>=0.5) 第1上クラッド層
- 5 p-Al<sub>q1</sub>Ga<sub>1-q1</sub>As (q<sub>1</sub>=0.7) エッチングストッパー層
- 6 n-Al<sub>r1</sub>Ga<sub>1-r1</sub>As (r<sub>1</sub>=0) 電流ブロック層
- 7 p-GaAs 第2コンタクト層
- 8 p-電極
- 9 n-電極
- 10 p-Al<sub>t1</sub>Ga<sub>1-t1</sub>As (t<sub>1</sub>=0.5) 第2上クラッド層
- 11 p-GaAs 第1コンタクト層
- 12 リッジ
- 13 シリコン(Si)がイオン注入された領域
- 14 シリコン(Si)により無秩序化(ディスオーダー)された量子井戸構造層の領域
- 15 半導体レーザ素子
- 18 量子井戸構造中のウエル層のアルミ組成比
- 19a 量子井戸構造中のバリア層のアルミ組成比
- 19b 量子井戸構造中のバリア層のアルミ組成比
- 20 絶縁膜
- 21 イオン注入用第1のレジスト
- 22 レジスト中の開口部
- 23 n-Al<sub>r1</sub>Ga<sub>1-r1</sub>As (r<sub>1</sub>=0.7) 電流ブロック層
- 24 シリコンのプロファイル
- 25 シリコン
- 100 半導体レーザ素子
- 101 n-GaAs 半導体基板
- 102 n-Al<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As (x<sub>2</sub>=0.5) 下クラッド層
- 103 量子井戸構造層
- 104 p-Al<sub>w2</sub>Ga<sub>1-w2</sub>As (w<sub>2</sub>=0.5) 第1上クラッド層
- 105 p-Al<sub>q2</sub>Ga<sub>1-q2</sub>As (q<sub>2</sub>=0.7) エッチ

ングストッパー層

106 n-Alr2Gal-r2As (r2=0) 電流ブロック層

107 p-GaAs 第2コンタクト層

108 p-電極

109 n-電極

110 p-Alt2Gal-t2As (t2=0.5) 第2上クラッド層

111 p-GaAs 第1コンタクト層

112 リッジ領域

113 Zn拡散領域

114 Znにより無秩序化(ディスオーダー)された量子井戸構造層

120 第2のレジスト

121 第1のレジスト

125 Zn拡散